

# VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA EN UN ÁRBOL DE *Abies religiosa* Y DE *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*

J.R. Goche-Télles<sup>1</sup>; M. Fuentes-Salinas<sup>2</sup>; A. Borja-de la Rosa<sup>2</sup>; H. Ramírez-Maldonado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Profesor-Investigador. Centro de Investigaciones Forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hidalgo.

E-mail. rodolfog@reduaeh.uaeh.mx

<sup>2</sup>Profesor-investigador, División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México.

E-mail. aborja@taurus1.chapingo.mx

## RESUMEN

El presente trabajo muestra la variación transversal (médula-corteza) y longitudinal (base-copa) de la longitud de traqueidas, densidad básica, contenido de humedad, contracciones volumétricas y longitudinales de la madera de *Abies religiosa* y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. Para ello se utilizaron rodajas obtenidas a cada 1.30 m a partir de la base y de cada rodaja se cortaron bloques de cinco anillos de crecimiento en sentido Norte-Sur y Este-Oeste.

Los resultados encontrados se analizaron mediante el modelo de crecimiento de Schumacher y regresión lineal. En sentido transversal las dos especies mostraron resultados similares para longitud de traqueidas y contracciones aumentando de la médula hacia la corteza, en sentido longitudinal no se mostró una tendencia definida. La densidad básica y el contenido de humedad no presentaron un comportamiento definido en ambos sentidos y especies.

**PALABRAS CLAVE:** Variación en la madera, longitud de traqueidas, densidad básica, contracción de la madera

## VARIATION IN PHYSICAL PROPERTIES OF *Abies religiosa* and *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* WOOD

### SUMMARY

This work analyzes transverse (pith-bark) and longitudinal (base-crown) variation in tracheid length, basic density, moisture content, volumetric and lineal shrinkage of wood from *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. Et Cham and *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw trees. Cross-sections of the trunks were cut every 1.30 m from the base up and each of the sections was cut into blocks of five growth rings in north-south and east-west directions.

The results were analyzed with the Schumacher growth model and a linear regression model. Transversally, the two species showed similar results for tracheid length and shrinkage, with pith increasing toward the bark. Longitudinally, no definite tendency was found. Basic density and moisture content did not show defined behavior in either direction or species.

**KEY WORDS:** Wood variations, tracheid length, basic density, shrinkage in wood.

## INTRODUCCIÓN

Las muestras para estudios de tecnología de la madera realizadas en México, se obtienen de trozas de 1.50 m a partir del tocón para los estudios anatómicos y en trozas de 2.70 m después de 1.50 m para las propiedades físicas (Ramos y Díaz, 1981), con lo cual se infiere el comportamiento promedio de las propiedades tecnológicas de la madera en todo el árbol. No obstante, la madera presenta variaciones a lo largo y ancho del fuste, por lo tanto, con este estudio se pretende mostrar la variación de

una característica anatómica (longitud de traqueidas) y propiedades físicas (densidad básica, contenido de humedad, contracciones volumétricas y lineales) en el sentido transversal y longitudinal del tronco.

La variación puede ser inherente a la especie, lo que la hace diferente a otras, respecto a la edad, forma del árbol, diferencias genéticas, tasa de crecimiento, además, se ha reconocido desde hace muchos años que las propiedades de la madera son diferentes dentro del árbol, desde la médula hacia el exterior o de la base del tronco

hacia la copa. Este comportamiento Zobel y Talbert (1994), lo atribuyen a la presencia de madera juvenil que se forma en los anillos cercanos a la médula y presenta características diferentes a las que presenta la madera madura que se forma cerca de cámbium vascular.

La variación en longitud de traqueidas, presenta diferentes patrones de comportamiento en dirección transversal y longitudinal del fuste tal como lo señalan Panshin y De Zeew (1980), quienes mencionan tres tendencias en dirección transversal, en la primera se observa un incremento acelerado en el periodo juvenil hasta llegar a estabilizarse en el periodo maduro (Yanchuk y Micko, 1990; Bonilla, 1993; Calixto, 1996), en la segunda, se presenta un incremento continuo de la médula hacia la corteza, siendo más acelerada en el periodo juvenil, (Vaca, 1992; Lindström, 1997; Ok y Young, 1997) y en la tercera, se observa una parábola mostrando un incremento hasta alcanzar un máximo para después disminuir en la parte cercana a la corteza, (Hernández, 1987).

La variación presentada en el sentido longitudinal del árbol por, Panshin y De Zeew (1980), muestra un patrón general, que consiste en incrementar desde el nivel del suelo hasta un punto cercano a la base de la copa, posteriormente disminuye hasta la parte alta del árbol, con dos excepciones, en la primera los valores incrementan desde la base hasta la punta del árbol, coincidiendo con lo encontrado por Walker *et al.* (1993), y en la segunda, se presenta una disminución desde la base hasta la cima del árbol.

El contenido de humedad en dirección transversal presenta la tendencia de incrementar de la médula hacia la corteza como lo comprueban las investigaciones de, Shortle y Bauch (1986) y Frühwald (1986). Con respecto a la variación en sentido longitudinal del árbol se encontró que los árboles tienen una mayor cantidad de agua en las partes altas comparadas con la encontrada en la base como lo reporta Desch y Dinwoodie (1981).

La densidad básica presenta tres tendencias generales de variación en dirección transversal como lo señala Panshin y De Zeew (1980). Tipo I, el promedio de la densidad básica incrementa de la médula hacia la corteza. Tipo II, la densidad básica disminuye junto a la médula e incrementa cerca de la corteza y en el Tipo III, la densidad básica es más alta cerca de la médula que cerca de la corteza, disminuyendo en forma de línea recta o en curva.

Respecto al patrón de variación de la densidad básica en dirección longitudinal, se tiene lo encontrado por Okkonen, Wahlgren y Maeglin (1972), quienes reportan dos tendencias bien marcadas, en la primera, la densidad básica disminuye cuando incrementa la altura en el fuste para especies con alto porcentaje de madera tardía, coincidiendo

con lo reportado por Clark III y Saucier (1989), Choong, Foog y Pollock (1989) y Walker *et al.* (1993). En la segunda tendencia, la densidad básica incrementa con la altura en el árbol para especies con bajo porcentaje de madera tardía, ratificado con lo encontrado por Brolin, Norén y Stahl (1995).

En investigaciones más recientes se analizan los factores que influyen en esta variación, tal es el caso de lo reportado por Yin *et al.* (1996), quienes lo atribuyen a las condiciones del medio ambiente, que influyen en la tasa de crecimiento de los anillos, los que a su vez repercuten en una disminución del porcentaje de madera tardía lo que ocasiona un decremento en la densidad básica de la madera.

Por otro lado, las contracciones volumétricas y lineales varían con relación a su posición en el árbol, Panshin y De Zeew (1980), encuentran que en la madera juvenil la contracción longitudinal es más alta cerca de la médula, disminuyendo rápidamente hacia la parte exterior del periodo de crecimiento juvenil, este cambio en la magnitud de las contracciones longitudinales esta relacionado con la rápida reducción del ángulo fibrilar en la pared celular, incremento en la longitud de las células y contenido de celulosa. En la madera madura, las contracciones longitudinales y volumétricas, están relacionadas directamente con la densidad básica, longitud de las células y ángulo fibrilar de la pared celular, siendo similar a lo reportado por McAlister y Powers Jr. (1992); McAlister y Clark III (1992) y Dumail y Castera (1997).

Con respecto, a la variación de las contracciones en dirección longitudinal, éstas presentan una tendencia irregular, que consiste en contracciones pequeñas en la parte baja del fuste, valores máximos en un tercio de la altura, continuando con una disminución de los valores en la parte alta del árbol, tal como lo reporta Choong, Fogg y Pollock (1989).

En este trabajo, se muestran los perfiles de variación y gráficas ajustadas estadísticamente en sentido transversal y longitudinal de la longitud de traqueidas y densidad básica de la madera de *Abies religiosa* y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material se colectó en el paraje Cruz Alta del predio Fraccionamiento II de Atlamaxac, municipio de Chignahuapan, Puebla, a una altitud de 3020 msnm. Con una pendiente del 20 % a exposición Noreste. Una precipitación media anual de 750 mm; temperatura media de 13.6 °C, la más baja se presenta en diciembre y el mes más caluroso es mayo. Se colectó un *Abies* de 40 cm y un pino de 35 cm de diámetro normal con una altura de 29.2 y 28.7 m respectivamente. Se derribó cada árbol a 30 cm sobre la superficie del suelo, de donde se cortaron 20 y 18 rodajas

respectivamente de 5 cm de espesor a lo largo del fuste a una distancia de 1.30 m indicando el Norte, Sur, Este y Oeste, se numeraron con una clave para su control e identificación, introduciéndose en bolsas de polietileno, selladas con cinta adhesiva, para evitar la pérdida de humedad.

Cada una de las rodajas se dividió en segmentos de cinco anillos de crecimiento. Las partes Norte y Sur se subdividieron en secciones a y b, de donde se extrajeron las probetas para determinar la densidad básica, contenido de humedad y la longitud de traqueidas. Los lados, Este y Oeste, se utilizaron para obtener datos que permitieron el cálculo de las contracciones lineales y volumétricas (Figura 1).

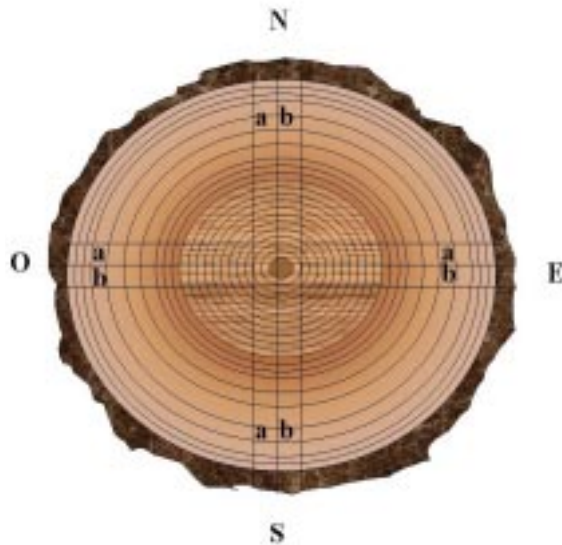


Figura 1. Forma de obtención de las probetas.

Para la determinación de la longitud de traqueidas, se cortaron pequeñas astillas las que fueron inmersas en frascos con una solución de ácido acético y peróxido de hidrógeno en partes iguales, se cubrieron con papel aluminio y sellaron con cinta adhesiva. Los frascos se colocaron en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 15 horas aproximadamente, para disociar el material; posteriormente, se lavaron con agua destilada para eliminar los residuos de la solución disociante, la tinción se realizó con safranina, aplicándose de 2 a 3 gotas, dejándose reposar durante 5 minutos, al momento de efectuar las mediciones realizaron preparaciones temporales con agua. Se midieron 20 traqueidas por sección, en un microscopio de pantalla marca Carl Zeiss.

El contenido de humedad se evaluó por el método de pesadas sucesivas, por ser uno de los más exactos y recomendados para especies con menor cantidad de extractivos, (Kollman, 1959).

Los valores de peso anhidro y volumen verde sirvieron para determinar la densidad básica, mediante la fórmula señalada por Kollman (1959).

Con los datos promedio de la densidad básica y longitud de traqueidas se obtuvieron los perfiles de variación, mientras que las gráficas de las mismas variables se realizaron mediante un ajuste estadístico de los valores.

Las contracciones volumétricas y lineales se determinaron en secciones de cinco anillos que fueron separadas a partir de la corteza y hasta donde se lograron obtener piezas con los requisitos necesarios para considerarse como cortes típicos tangencial y radial (Figura 2).

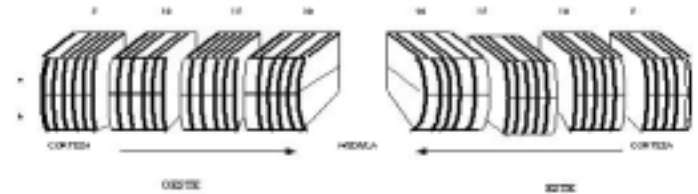


Figura 2. Secciones para determinar las contracciones

En cada probeta marcada e identificada previamente, se obtuvo el volumen verde y anhidro, mediante el método de desplazamiento de agua, que sirvieron para determinar las contracciones volumétricas. La medición de las dimensiones en dirección radial y tangencial, se realizaron con un vernier digital con aproximación de décimas de milímetro, que se utilizaron en la obtención de las contracciones lineales. A los valores encontrados se les aplicaron las fórmulas presentadas por Fuentes (1995), para el cálculo de ambas contracciones en la madera.

Para el análisis estadístico se realizaron gráficos de dispersión para saber que tipo de modelo estadístico describía la mejor tendencia basándose en el comportamiento de los valores calculados para cada una de las variables estudiadas. Se probó el método de regresión lineal simple, que fue suficiente para estimar el valor de las contracciones volumétricas, lineales, densidad básica y contenido de humedad en ambas especies. En longitud de traqueidas se probó el modelo de crecimiento de Schumacher  $Y = b_0 * e^{-b1/edad}$  (Schumacher, 1939), el cual se aplicó linealizado. Con los valores ajustados se realizaron las gráficas que muestran las tendencias encontradas en la densidad básica y la longitud de traqueidas de ambas especies.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Longitud de traqueidas

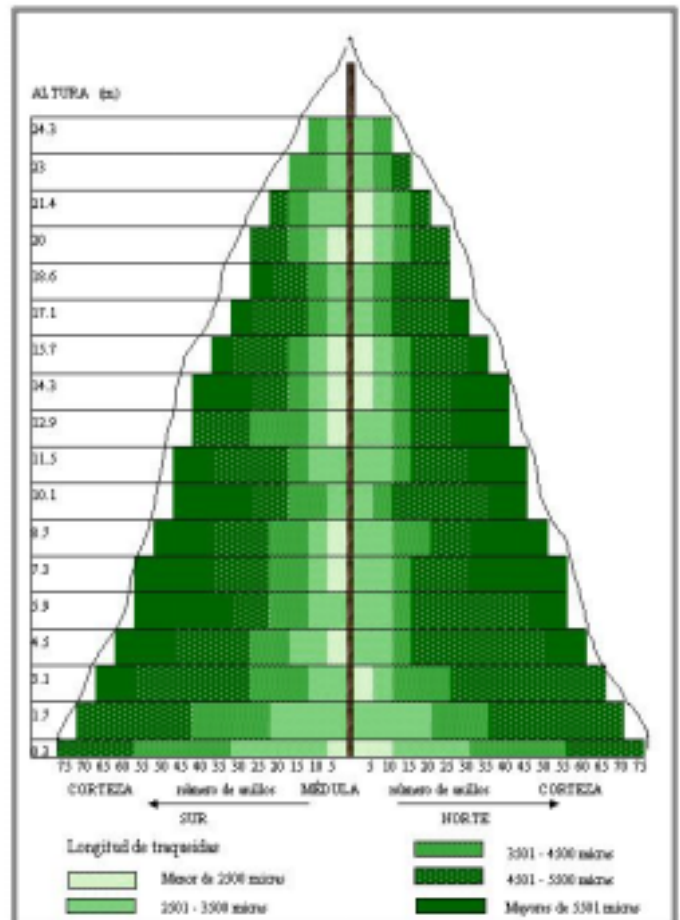
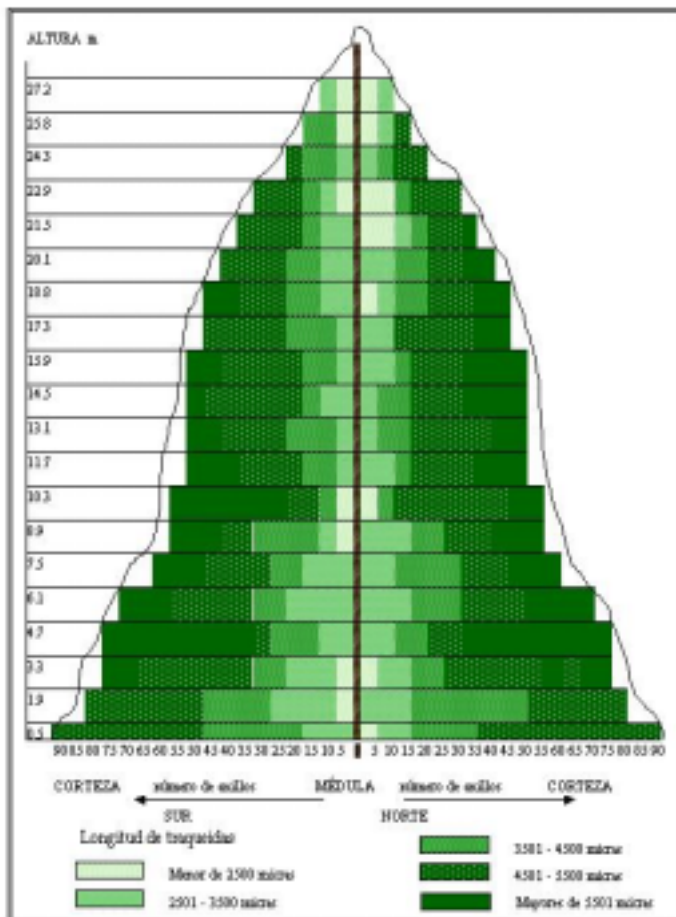
Los valores reales obtenidos en la longitud de traqueidas se presentan en forma de perfiles de variación en dirección transversal y longitudinal para cada una de las especies (Figuras 3 A y B), así como la tendencia encontrada en 8 alturas con el modelo estadístico (Figuras 4 A y B).

Los patrones de variación encontrados en la dirección transversal para la longitud de traqueidas en las dos especies, presentaron un comportamiento similar en todas las alturas estudiadas presentando las tendencias I y II reportadas por Panshin y De Zeew (1980), la primer tendencia se encontró en la parte baja del árbol (hasta los 4.7 m), coincidiendo con Calixto (1996), mientras que la segunda tendencia se presentó después de los 4.7 m hasta la copa, siendo similar a lo que reporta Ok y Young (1997).

Esta variación puede ser atribuida en parte a la presencia de madera juvenil en los anillos de crecimiento cercanos a la médula, lo anterior puede deberse a que en la parte baja del árbol ya no existe una actividad cambial tan fuerte como en la parte superior, donde se presentan las condiciones adecuadas de luz que permiten un crecimiento continuo del árbol. (Jane, 1970). Los valores encontrados para *Abies religiosa* fueron 1875.17 micras como mínimo, un máximo de 6851.38 micras y un promedio de 4477.43 micras; el *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* presentó un mínimo de 1996.17 micras, un máximo de 6476.15 micras y un promedio de 4395.03 micras.

La variación de la longitud de traqueidas en el sentido longitudinal del fuste, muestra la tendencia de incrementar de la base hacia la parte superior del árbol, hasta un punto cercano a la copa, en donde la longitud empieza a disminuir, (Barefoot y Hankins, 1982), las dimensiones cortas en la parte baja del árbol, puede ser ocasionada por una mayor competencia por nutrientes en los primeros años de vida, mientras que en la parte superior del árbol puede ser atribuido a una proporción alta de madera juvenil.

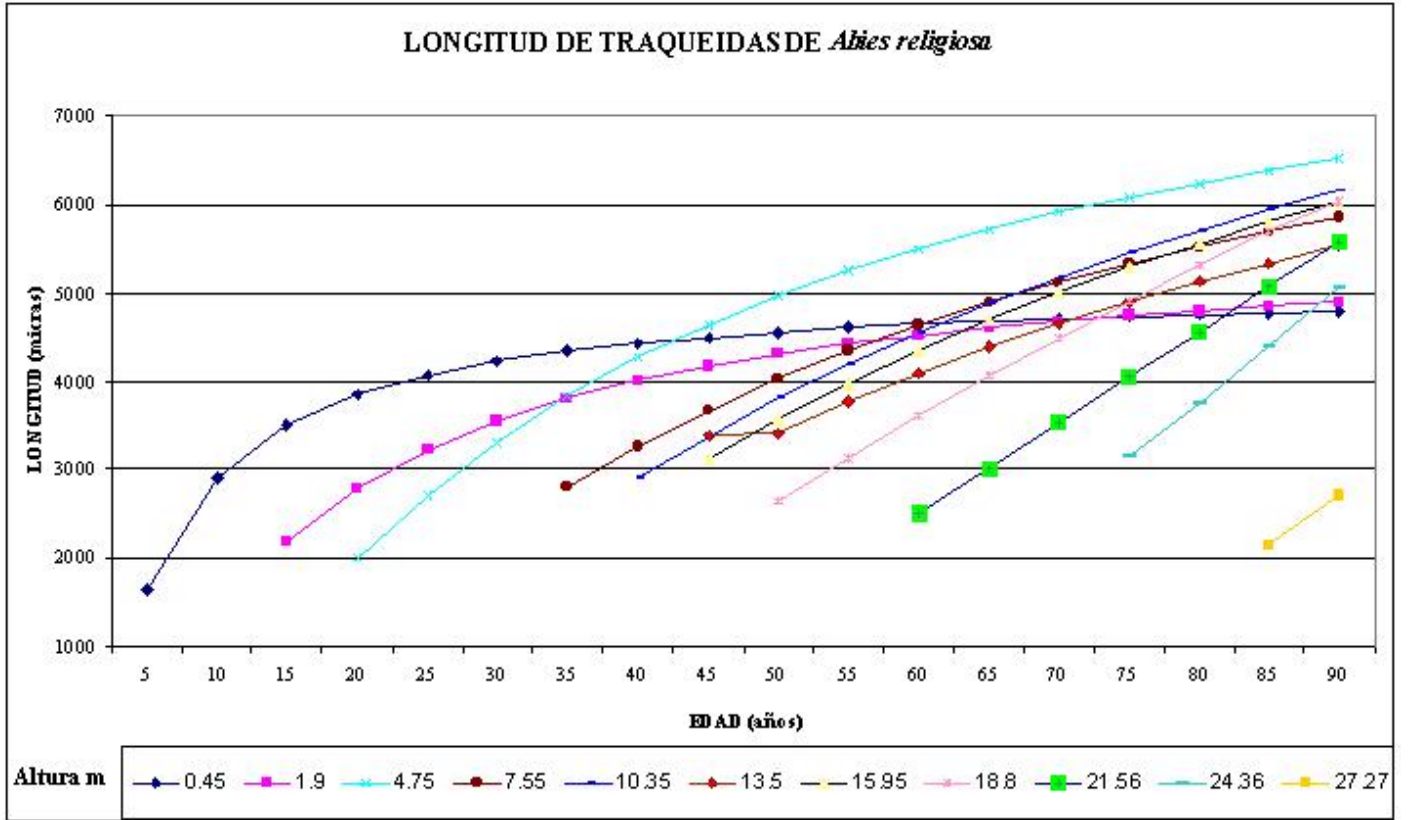
Para evaluar esta tendencia se aplicó el modelo de crecimiento de Shumacher (1939), en forma linealizada, por ser el que mejor representa a la tendencia encontrada, se analizó la relación existente entre la edad y altura en el árbol con la longitud de traqueidas, encontrando que la edad fue la variable que más influyó en todas las alturas, presentando una  $r^2$  alrededor de 0.99 hasta la altura 4.7 m, mientras que en alturas posteriores el valor disminuyó hasta una  $r^2$  de 0.65, para la parte más alta lo que significa que el modelo no es el más adecuado para alturas superiores a 4.7 m, no obstante se tuvo una  $p = 0.01$  % siendo altamente significativo, lo que confirma lo encontrado por Seth y Agrawal (1984), en *Pinus wallichiana*.



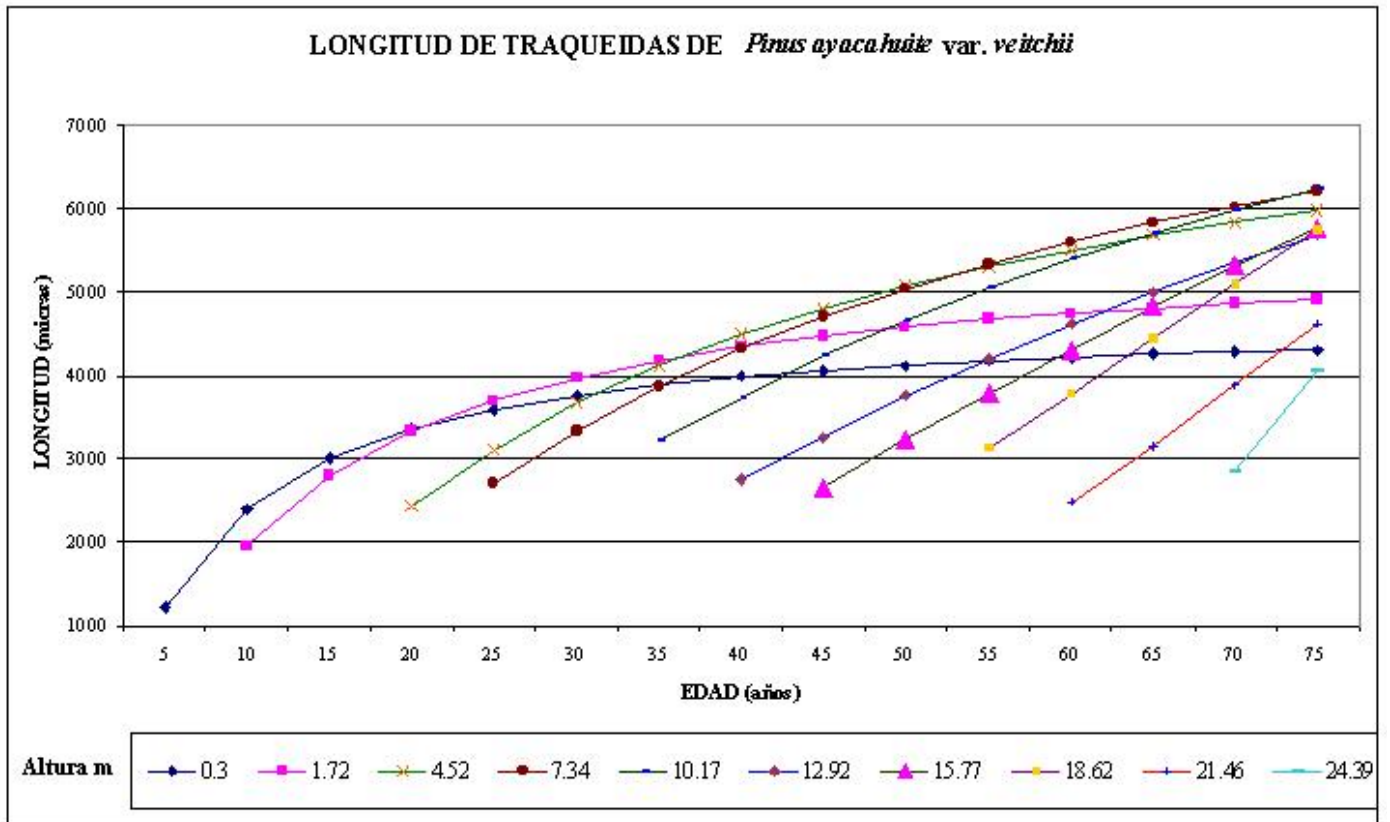
A. *Abies religiosa*

B. *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*

Fig. 3. Perfiles de variación en sentido transversal y longitudinal de la longitud de traqueidas



A. *Abies religiosa*



B. *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*

Figura 4. Gráficas de longitud de traqueidas ajustadas mediante un modelo estadístico



**Densidad básica**

La densidad básica es una propiedad importante y por ende la más estudiada en especies maderables de importancia económica, los resultados encontrados con los valores reales para las dos especies ensayadas se presentan en los perfiles de variación (Figuras 5 A y B), mientras que los resultados estimados mediante modelos estadísticos se muestran en las gráficas, (Figuras 6 A y B).

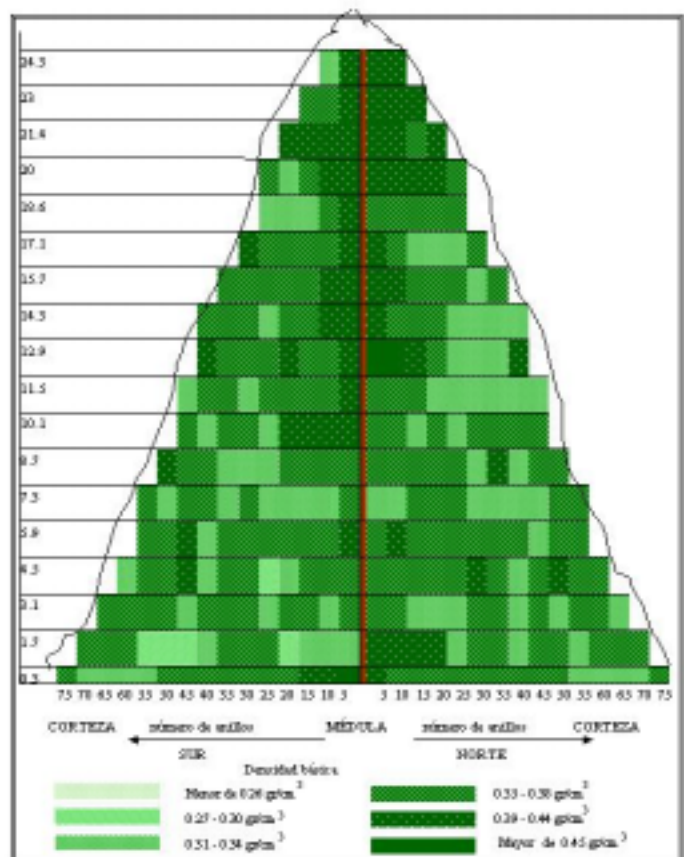
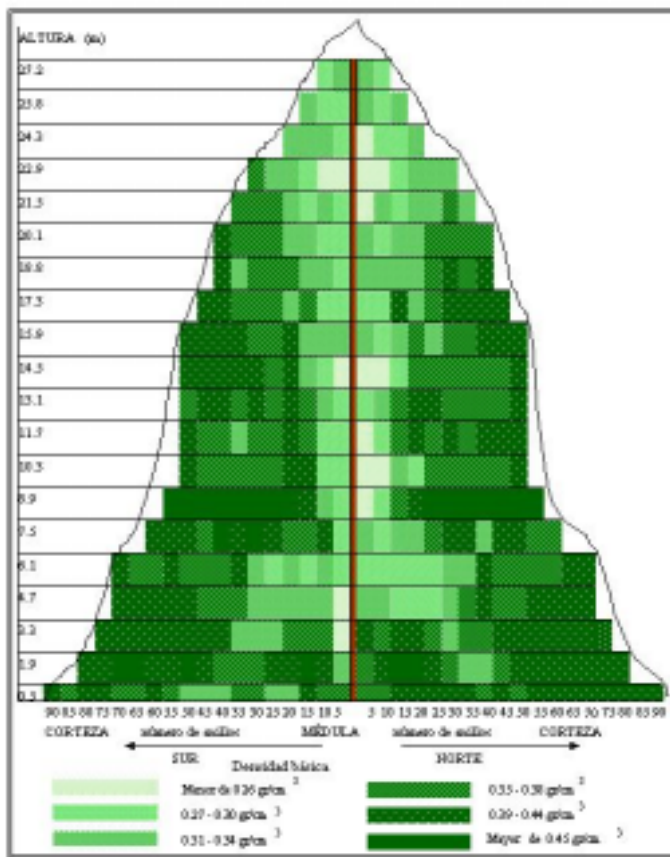
La tendencia encontrada en dirección transversal para el *Abies religiosa*, fue de aumentar de la medula en dirección de la corteza, en todas las alturas, lo que coincide con lo reportado por Calixto (1996) en *Pinus herrerae*. En las alturas inferiores el incremento es casi nulo, mientras que a partir de la altura de 8.9 m el aumento es más acelerado, que puede estar relacionado con la presencia de madera juvenil, la que se encuentra en los primeros 20 a 25 anillos de crecimiento (Zobel y Talbert, 1994), y la cual presenta una menor proporción de madera tardía, repercutiendo en una densidad básica baja (Calixto, 1996).

En el *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, por el contrario la densidad básica presenta la tendencia de disminuir desde la medula hacia la corteza, presentándose esta situación en la mayoría de las alturas. De la altura 3.1 a la 7.3 m se

encontró un ligero incremento en dirección de la corteza, esta tendencia puede estar relacionada con los cambios ambientales ocurridos durante su crecimiento, lo que repercute en el ancho de anillos, ya que se encontraron anillos más anchos cerca de la médula, siendo diferentes al resto de las alturas en donde los anillos de crecimiento cercanos a la médula fueron más angostos.

La variación de la densidad básica encontrada en dirección longitudinal presenta diferencias en ambas especies. En el *Abies religiosa* muestra la tendencia de aumentar a partir de la base hacia la parte donde inicia la copa, para después volver a disminuir en la parte superior del fuste, siendo diferentes a lo reportado por Walker *et al.* (1993), quienes encuentran la tendencia de que la densidad disminuye conforme aumenta la altura en el árbol.

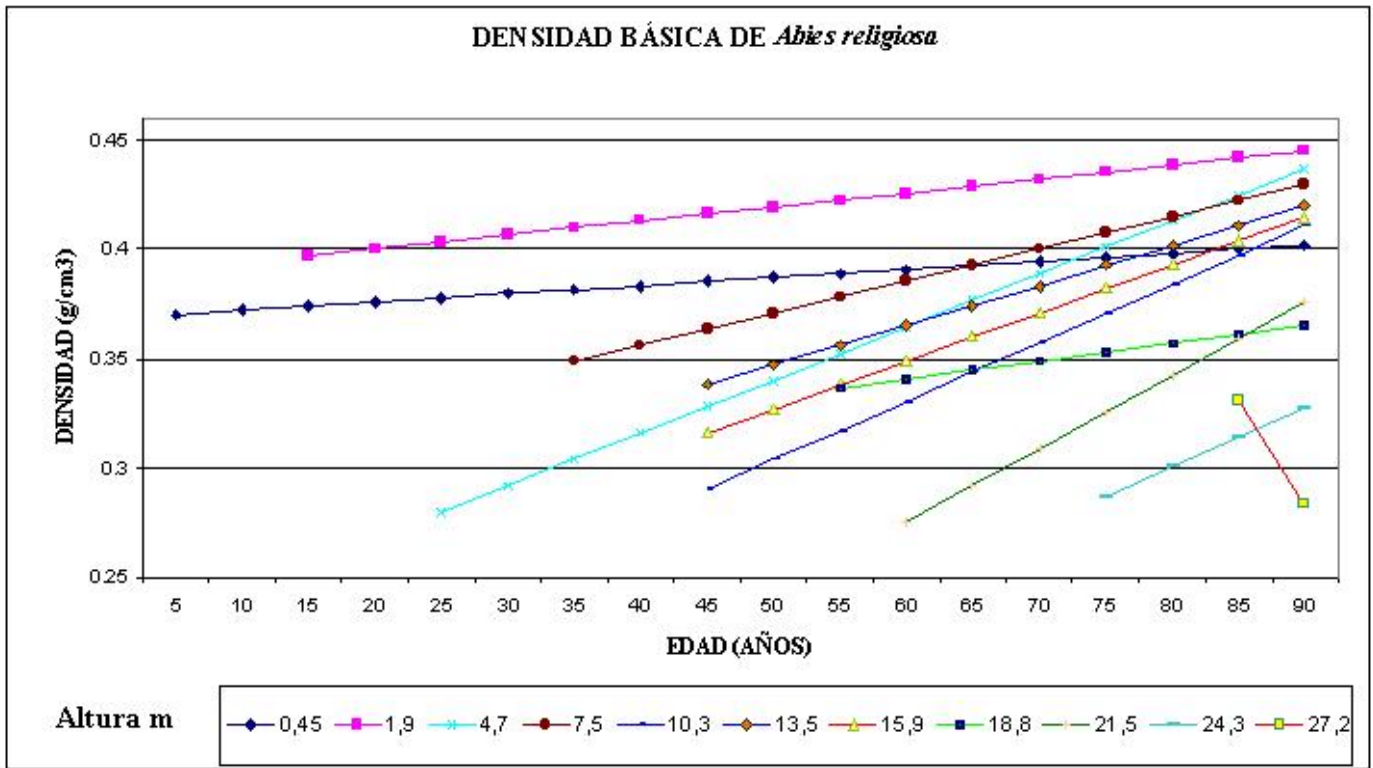
Por otro lado, el *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* no presentó un patrón definido, mostrando aumentos y disminuciones a lo largo del fuste. En la copa se encontraron valores altos de densidad lo que coincide con lo encontrado por Brolin, Norén y Stahl (1995), pudiendo ser atribuido a la presencia de nudos en la copa (Panshin y De Zeeuw, 1980), además de la presencia de madera de compresión, lo que puede originar un aumento en la densidad básica.



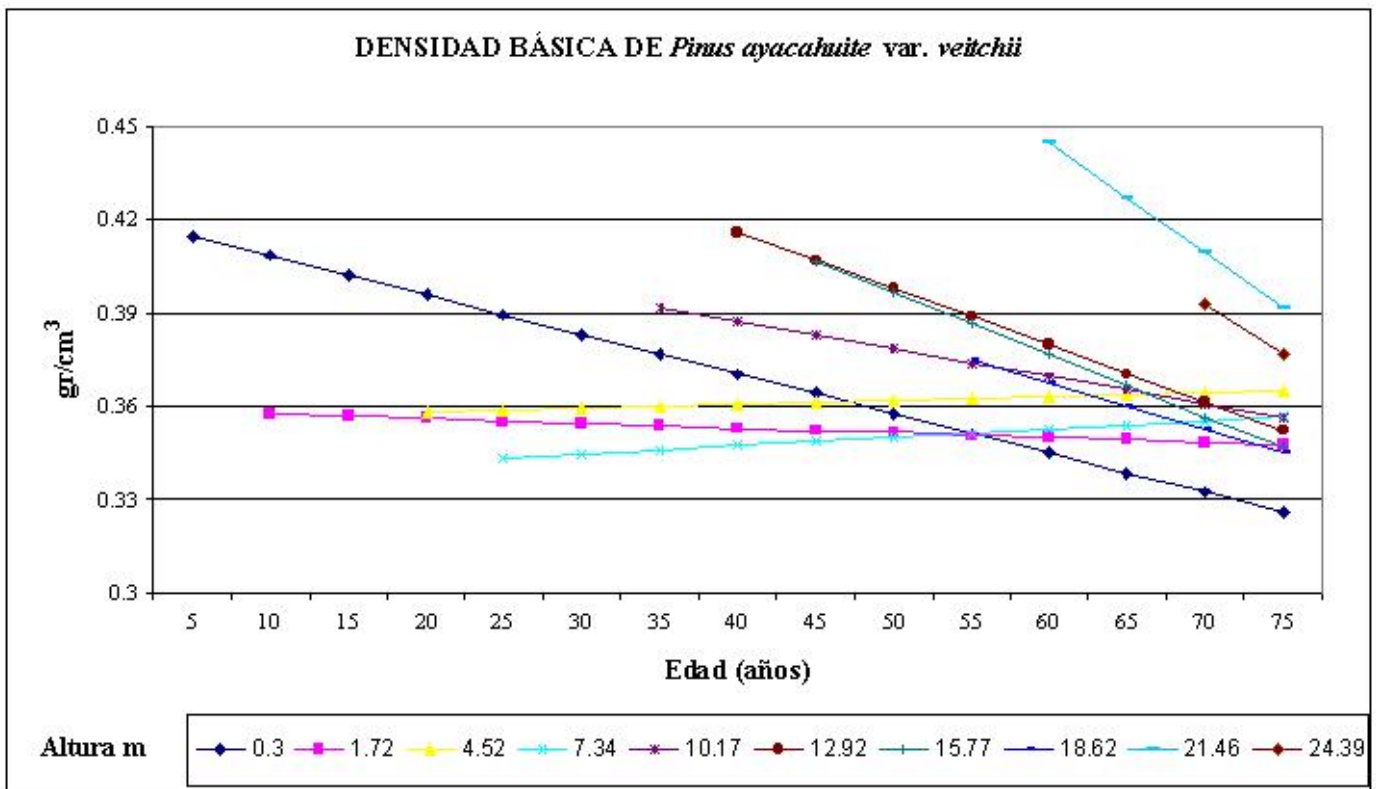
**A. *Abies religiosa***

**B. *Pinus ayacahuite* var. *veitchii***

**Figura 5. Perfiles de variación en sentido transversal y longitudinal de la densidad básica.**



A. *Abies religiosa*



B. *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*

Figura 6. Graficas de densidad básica ajustadas mediante un modelo estadístico

Los valores de la densidad básica encontrados en *Abies religiosa* fueron de 0.14 gr/cm<sup>3</sup> como mínimo, un máximo de 0.59 gr·cm<sup>-3</sup> y un promedio de 0.36 gr·cm<sup>-3</sup>. El *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* presentó un mínimo de 0.28 gr·cm<sup>-3</sup>, un máximo de 0.50 gr·cm<sup>-3</sup> y un promedio de 0.36 gr·cm<sup>-3</sup>.

El análisis estadístico muestra que las variables que influyen en la densidad básica para las diferentes alturas es la edad y ancho de anillos. En *Abies religiosa*, se encontraron valores de  $r^2$  entre 0.03 y 0.98 dependiendo de la altura, pero una  $P \geq 0.01$  %, lo que indica que la edad y el ancho de anillos, explican en parte la tendencia presentada por la densidad, mostrando una relación directa entre la edad y la densidad básica para la mayoría de las alturas, con excepción de 11.75 y 13.5 m, coincidiendo con Lenhart, Cutter y Ho-Shinn (1997), debido a que al aumentar la edad las traqueidas tienden a crecer y engrosar más sus paredes. En *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, se encontró un rango similar de  $r^2$  (0.09-0.98) siendo los más altos en la parte alta del árbol.

Con el análisis de varianza se observa que en *Abies religiosa* al aumentar la altura en el árbol, disminuye la densidad básica de la madera y al aumentar la edad origina un aumento en los valores de densidad siendo altamente significativo ( $P > 0.0001$ ), sin embargo, se encontró un valor muy bajo en el coeficiente de correlación ( $r^2 = 0.38$ ), indicando que la edad y la altura no explican de forma confiable el comportamiento de la densidad a lo largo del fuste. En el pino se observa un incremento de la densidad conforme aumenta la altura en el árbol, por otro lado, al incrementar la edad la densidad disminuye, presentando un coeficiente de correlación muy pobre  $r^2 = 0.16$ .

### Contenido de humedad

Los valores encontrados en contenido de humedad en sentido transversal para las dos especies, presentan un ligero incremento de la médula hacia la corteza, encontrando los valores más altos en la albura, lo que coincide con lo reportado por Frühwald (1986), lo que puede ser atribuido a que en las traqueidas del duramen, existen resinas que bloquean la conducción el agua, ocasionando una reducción en la permeabilidad de la madera, por lo que éste no presenta grandes contenidos de humedad (Wilson y White, 1986).

El comportamiento encontrado en dirección longitudinal para ambas especies presenta una disminución del contenido de humedad al aumentar la altura en el árbol, lo que puede deberse a que en los meses de primavera y principios de verano aumenta la transpiración de los árboles, por lo que éstos cierran sus estomas para evitar el estrés hídrico, por lo tanto en esta época del año muchas especies de coníferas presentan menor cantidad de agua comparado con otras estaciones lo mismo ocurre durante

las horas del medio día y tarde, lo que coincide con la época y hora de colecta del material utilizado en este trabajo (22 de abril, 13:00 hrs).

Los valores encontrados en contenido de humedad para *Abies religiosa* fueron, un mínimo de 52.85 %, un máximo de 425.92 % y un promedio de 166.15 %. El *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* presentó un mínimo de 96.66 %, un máximo de 271.28 % y un promedio de 182.60 %.

### Contracciones lineales y volumétricas

La tendencia encontrada para las contracciones lineales (radial y tangencial) en sentido transversal, muestra que los valores más altos se encuentran cerca de la corteza y disminuyen en dirección de la médula, a diferencia de las contracciones tangenciales en *Abies*, que no presentaron un patrón definido, lo cual se ratifica al ajustar los datos por medio de regresión lineal simple, donde se muestra claramente la tendencia antes mencionada, coincidiendo con lo encontrado por Dumail y Castera (1997), en *Pinus pinaster*, que puede ser explicado por la densidad básica, ya que al aumentar el grosor de la pared celular, sucede lo mismo con la densidad dando como resultado contracciones altas.

El comportamiento general de las contracciones lineales, presentó la siguiente tendencia, las contracciones más altas se encontraron cerca de la corteza y disminuyen al acercarse al centro del árbol, los factores que pueden influir en la presencia de este comportamiento puede ser la longitud de las células y el ángulo fibrilar de la pared celular, de acuerdo con lo reportado por Panshin y De Zeeuw (1980), así como a la estructura y dimensión de las fibrilas, espacio entre ellas y el grosor de la pared celular (Tang y Smith, 1975).

En dirección longitudinal, los resultados varían entre las dos especies. El *Abies religiosa* presentó un patrón definido en las contracciones lineales, ya que los valores disminuyeron al aumentar la altura en el árbol, mientras que en el *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* los valores más altos se encontraron en las alturas intermedias del árbol, y los más pequeños en la base y en la copa.

En sentido transversal, las contracciones volumétricas muestran la tendencia general de disminuir a partir de la corteza y en dirección a la médula, en las dos especies y en todas las alturas, lo que difiere con lo encontrado por Choong, Fogg y Pollock (1989), en *Taxodium distichum* L. atribuyendo este comportamiento a la densidad básica como lo menciona Panshin y De Zeeuw (1980).

En dirección longitudinal, se encontró que el pino presenta el comportamiento encontrado por Choong, Fogg y Pollock (1989), para *Taxodium distichum* L de aumentar hasta un tercio de la altura del fuste, para después disminuir



en la parte alta del árbol. Por otro lado, el oyamel presentó los valores más altos cerca de la base del árbol, disminuyendo ligeramente al aumentar la altura en el árbol. Los valores de las contracciones longitudinales y volumétricas encontrados para las dos especies se muestran en el Cuadro 1.

**CUADRO 1. Valores de las contracciones longitudinales y volumétricas en las dos especies**

Variables	<i>Abies religiosa</i>		<i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i>			
	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo
Contracción radial %	1.74	5.46	9.85	1.02	3.88	7.28
Contracción tangencial %	4.68	10.76	13.63	3.02	8.53	11.78
Contracción volumétrica %	6.11	16.33	21.57	5.15	12.59	17.94

### CONCLUSIONES

La longitud de traqueidas presenta un patrón de comportamiento definido en dirección transversal incrementando de la médula hacia la corteza y en dirección longitudinal aumenta hacia la parte cercana de la copa para después volver a disminuir, en las dos especies.

La tendencia encontrada para la densidad básica en dirección transversal fue en *Abies religiosa* aumenta de la médula hacia la corteza, mientras que en *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* disminuye en la misma dirección. En dirección longitudinal, el *Abies religiosa* presentó un patrón definido de incrementar con la altura en el árbol, mientras que en el *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* no se encontró un patrón definido.

El contenido de humedad verde, en dirección transversal, presentó una ligera tendencia de incrementar de la médula hacia la corteza en ambas especies. Por el contrario, de la base a la copa no se encontró un comportamiento definido.

Las contracciones volumétricas y lineales en dirección transversal incrementaron de la médula hacia la corteza en ambas especies, mientras que en dirección longitudinal, presentaron la tendencia de disminuir con la altura en el árbol, con excepción de las contracciones tangenciales de *Abies religiosa* que presentaron un comportamiento muy irregular.

### LITERATURA CITADA

- BAREFOOT C., A y F. W. HANKINS . 1982. Identification of Modern and Tertiary Woods. Clearendon Press-Oxford. New York. U.S.A. pp. 54-56.
- BONILLA A., V. O. 1993. Variación Natural en *Pinus hartwegii* Lindl de Longitud de traqueidas de la Madera a lo Largo del Eje Neovolcánico. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. pp. 61-68.
- BROLIN, A.; A. NORÉN y E. G. STAHL. 1995. Wood and Pulp Characteristics of Juvenile Norway spruce: A Comparison Between a Forest and Agricultural Stand. Tappi Journal. 78(4): 203-214.
- CALIXTO T., O. 1996. Variación del peso específico y longitud de traqueidas de *Pinus herrerae* Martínez de la Región del Salto, Durango. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 90 p.
- CLARK III, A. y J. R. SAUCIER. 1989. Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile wood formation in southern pine. Forest Products Journal. 39(78): 42-48.
- CHOONG T., E.; P. J. FOOG y C. B. POLLOCK. 1989. Variation in shrinkage properties of second growth baldcypres and Tupelo gum. Wood and Fiber Science. 21(1): 17-29.
- DESCH H., E. y J. M. DINWOODIE. 1981. TIMBER: Its structure, properties and utilization. 6ª edition. Timber Press. Oregon. U.S.A. pp. 161-162 y 174-176.
- DUMAIL J., F. y P. CASTERA. 1997. Transverse shrinkage in maritime pine juvenil wood. Wood Science and Technology. 31: 251-264.
- FRÜHWALD, A. 1986. Technological properties of wood from trees in polluted regions. IAWA Bulletin n. s. 7(4): 389-397.
- FUENTES S., M. 1995. Tecnología de la Madera II. Propiedades Físico-mecánicas. Mimeografiado. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. pp. 6-56.
- HERNÁNDEZ G., A. 1987. Variación de la longitud de las traqueidas de cuatro especies de pino de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. pp 21-35.
- JANE, F. W. 1970. The structure of wood. 2ª edition. Adam & Charles Black. London, pp. 195-233.
- KOLLMAN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones, Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid, España. pp. 359-447.
- LENHART J., D.; B. E. CUTTER y K. HO-SHINN. 1997. Specific gravity at various positions along the stem of planted loblolly pine trees. Forest Products Journal. 27(9): 43-44.
- LINDSTRÖM, H. 1997. Fiber length, tracheid diameter, and latewood percentage in Norway spruce: development from pith outwards. Wood and Fiber Science. 29(1): 21-34.
- McALISTER H., R. y A. CLARK III. 1992. Shrinkage of juvenile and mature wood of loblolly pine from three locations. Forest Products Journal. 42(71/8): 25-28.
- McALISTER H., R. y H. R. POWERS Jr. 1992. Physical and mechanical properties of half-sib families of rust-resistant loblolly and slash pine. Forest Products Journal. 42(11/12): 15-20
- OK L., D. y W. YOUNG S. 1997. Cambial development and tracheid length of dwarf pines (*Pinus densiflora* and *P. thunbergii*). IAWA Journal. 18(3): 301-310.
- OKKONEN E., A.; H. E. WAHLGREN y R. R. MAEGLIN. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. Forest Products Journal. 22(7): 37-42.
- PANSHIN A., J. y De ZEEUW. 1980. Textbook of wood technology. 4th edition. McGraw-Hill. New York. U.S.A. pp. 202-204 y 249-281.

- RAMOS A., C. H. y DÍAZ G., V. 1981. Instrucciones para recolectar muestras de maderas para estudios tecnológicos. Bol. Div. Inst. Nal. Invest. For. No. 54. México, D. F. 15 p.
- SCHUMACHER, F. J. 1939. A new growth curve and its applications to timber yields studies. *Journal Forestry*. 37: 819-820.
- SETH K., M. y H. O. AGRAWAL. 1984. Variation in tracheid length in blue pine (*Pinus wallichiana* A. B. Jackson). Part. 3. Multivariate analyses of the effects of age and distance from the pith on first formed earlywood tracheid length. *Holzforschung*. Bd. 38(1): 1-6.
- SHORTLE, W. C. y J. BAUCH. 1986. Wood characteristics of *Abies balsamea* in the New England State compared to *Abies alba* from sites in Europe with decline problems. *IAWA Bulletin* n.s. 7(4): 375-386.
- TANG, R. C. y N. D. SMITH. 1975. Investigation of anisotropy shrinkage of isolated softwood tracheids with scanning electron microscope. Part I. Longitude shrinkage. *Wood Science*. 8(1): 415-424.
- VACA G., A. 1992. Variación del peso específico de la madera y longitud de traqueidas dentro de árboles de *Pinus cembroides* zuuc, de la región de Santiago Papasquiaro, Durango. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 88 p.
- WALKER, J. C. F; B: G: BUTTERFIELD; J. M. HARRIS; T. A. G. LANGRISH; J. M. UPRICHARD. 1993. Primary wood processing, principles and practice. Chapman y Hall. London, England. pp. 158-170.
- WILSON, K. y D. J. B. WHITE. 1986. The anatomy wood: Its diversity and variability. Stobart y Son LTD. London, Great Britain. 306 p.
- YANCHUK D., A. y M. M. MICKO. 1990. Radial variation of wood density and fiber length in tiembling aspen. *IAWA Bulletin* n.s. 11(2): 211-215.
- YIN Z., S.; D. SIMPSON y E. K. MORGENSTERN. 1996. Variation in the relationship of wood density with growth in 40 black spruce (*Picea mariana*) families grown in New Brunswick. *Wood and Fiber Science*. 28(1): 91-99.
- ZOBEL, B. y J. TALBERT. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México, D.F. pp. 413-424.